

Iiro Mainio

ASUNTOILMANVAIHDON TOIMINTASELVITYS

ASUNTOILMANVAIHDON TOIMINTASELVITYS

Iiro Mainio
Opinnäytetyö
Kevät 2015
Talotekniikan koulutusohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Talotekniikan koulutusohjelma

Tekijä: Iiro Mainio

Opinnäytetyön nimi: Asuntoilmanvaihdon toimintaselvitys

Työn ohjaaja: Pirjo Kimari

Työn valmistumislukukausi- ja vuosi: Kevät 2015

Sivumäärä: 35 + 10

Työn aiheena oli selvittää asuntoilmanvaihdon toiminta kolmessa omakotitalokohteessa sekä pyrkiä havaitsemaan mahdolliset puutteet ilmanvaihdossa. Työssä myös verrattiin 15 vuotta vanhemman rakennuksen ilmanvaihdon ratkaisuja ja laitteiden toimintaa kahteen uudempaan kohteeseen, joista toinen on uudiskohde. Talot sijaitsevat Metsokankaalla ja Heikkilänkankaalla Oulussa sekä Muhoksen Päivärinteellä.

Ilmanvaihdon toimivuutta selvitettiin mittauksin ja järjestelmien kuntoa aistinvaraisin tutkimuksin. Kohteisiin tehtiin ilmavirtamittaukset, äänitasomittaukset, vetomittaukset ja lämpötilamittaukset huonetiloissa. Lisäksi ilmanvaihtokoneista mitattiin lämmöntalteenoton lämpötilasuhteet. Mittaukset suoritettiin Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D2 mukaisesti.

Selvityksen perusteella voidaan todeta, että rakennuksien ilmanvaihdon toiminnasta löydetään usein puutteita uusissakin kohteissa ja ilmanvaihtoa voidaan helposti parantaa tehokkaalla seurannalla. Selvityskohteista uusimmassa ja vanhimmassa oli selvät puutteet tuloilmavirran määrässä ja vanhimman kohteen kanavisto oli puhdistuksen tarpeessa.

Toimintaselvityksen yhteydessä vertailtiin myös uusimpien kohteiden ilmanvaihdon ratkaisuja vanhempaan. Selvin ero vanhemman ja kahden uudemman välillä oli lämmöntalteenoton lämpötilasuhteessa, joka on parantunut 15 vuoden aikana noin 20 %.

Asiasanat:

ilmanvaihto, toimintaselvitys, asuntoilmanvaihto, vertailu, asuntoilmanvaihdon kehitys

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ.....	3
SISÄLLYS.....	4
1 JOHDANTO	6
2 ASUNTOILMANVAIHTO	7
2.1 Painovoimainen ilmanvaihto.....	7
2.2 Koneellinen poistoilmanvaihto.....	7
2.3 Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto	8
3 ASUNTOILMANVAIHDON KEHITYS.....	10
3.1 Rakennusajankohta ennen 1960-lukua	10
3.2 Rakennusajankohta 1960–1990-luvut	10
3.3 1990-luku–nykyhetki.....	11
3.4 Tulevaisuus	11
3.5 Asuntojen mitoitusilmavirtojen kehitys	12
4 MITTAUSKOhteET	16
4.1 Kohde A.....	16
4.2 Kohde B.....	17
4.3 Kohde C	17
5 MITTAUKSET	19
5.1 Ilmavirtamittaukset.....	19
5.1.1 Kohde A.....	20
5.1.2 Kohde B.....	20
5.1.3 Kohde C	20
5.2 Äänitasomittaukset	21
5.3 Vetomittaukset ja lämpötilat huonetiloissa.....	22
5.4 Lämmöntalteenoton lämpötilasuhde.....	24
5.5 Koneen ja kanavien kunto	25
6 KÄYTTÖ JA HUOLTO-OHJEET	29
6.1 Kohde A.....	29
6.2 Kohde B.....	29
6.3 Kohde C	30
7 YHTEENVETO	31

LÄHTEET.....	32
LIITTEET	35

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheena on selvittää asuntojen ilmanvaihdon toiminta. Idea aiheesta syntyi, kun tiedossa oli kaksi kohdetta, joiden ilmanvaihdon toiminnassa voidaan olettaa olevan puutteita. Tiedossa oli myös hyvä uudiskohde, johon tuloksia voidaan verrata. Kohteissa pystytään hyvin vertailemaan vanhempia ilmanvaihdon ratkaisuja uudempiin.

Ilmanvaihdon tehtävänä on tuoda puhdasta ilmaa hengitykseen ja poistaa epäpuhtauksia rakennuksen sisäilmasta. Omakotitaloissa sisäilman hyvä laatu ja ilman riittävä vaihtuvuus hoidetaan energiatehokkailla ilmanvaihtokoneilla sekä hyvin suunnitellulla kanavistolla ja sen osilla. Ilmanvaihdon hyvän toiminnan takaamiseksi on huolehdittava, että ilmanvaihto toimii suunnitellulla tavalla, koneen osat ja kanavisto pidetään puhtaana sekä huollot tehdään säännöllisesti. Useissa uusissakin omakotitaloissa voidaan havaita asuntoilmanvaihdon puutteita mittauksien ja tutkimusten avulla.

Työn tavoitteena on selvittää kolmen omakotitalon ilmanvaihdon toimivuus mittauksin ja aistinvaraisin tutkimuksin sekä verrata vanhemman rakennuksen ilmanvaihdon ratkaisuja uudempiin. Talot on rakennettu vuosina 2000, 2012 ja 2014, joista vuosina 2000 ja 2012 rakennetut talot on liitetty kaukolämpöön ja vuonna 2014 rakennettu maalämpöön. Kaikissa kolmessa talossa on koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtokone.

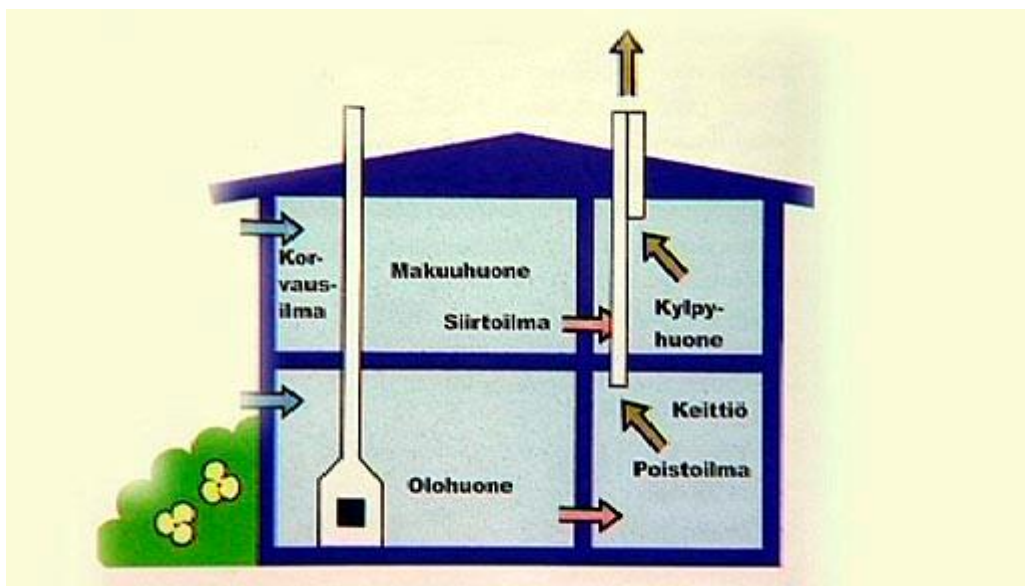
Työssä käsitellään yleisesti ilmanvaihdon kehitystä ja verrataan uudempia ilmanvaihdon ratkaisuja vanhempaan mittauksien avulla. Työn tilaajana ovat kolmen eri omakotitalon omistajat.

2 ASUNTOILMANVAIHTO

Ilmanvaihdolla pyritään saamaan rakennukseen terveellinen ja viihtyisä sisäilma. Toimiva ja viihtyisä asuntoilmanvaihto pyritään järjestämään siten, että ulkoa otetaan puhdasta ja raitista tuloilmaa, joka tuodaan sisälle oleskelutiloihin. Asunnosta poistetaan ilmaa tiloista, joissa epäpuhtauksia pääasiassa syntyy, kuten WC:stä, keittiöstä, kylpyhuoneesta sekä vaatehuoneesta. Näin ilma virtaa puhtaista oleskelutiloista likaisiin aputiloihin. (1.)

2.1 Painovoimainen ilmanvaihto

Painovoimainen ilmanvaihto toimii sisä- ja ulkoilmalämpötilan aiheuttamalla paine-erolla. Ilmanvaihtokoneita ei tarvita, vaan raitis ulkoilma tulee ikkunoiden raoista ja rakenteiden välistä sisään huoneilmaan ja likainen lämmin ilma poistuu painovoiman avulla rakennukseen asennetun kanaviston kautta ulos. (Kuva 1.)

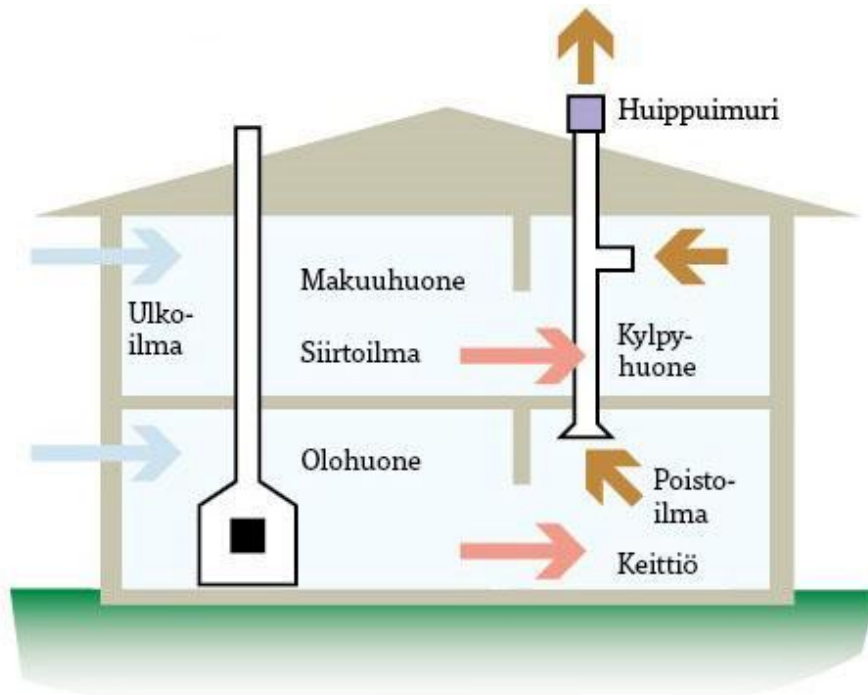


KUVA 1. Painovoimainen ilmanvaihto (2)

2.2 Koneellinen poistoilmanvaihto

Koneellinen poistoilmanvaihto toimii painovoimaisen ilmanvaihdon tapaan ottaen tuloilman ikkunoiden ja rakenteiden välistä, mutta poistoilmahormien yläpäähän asennetut poistoilmapuhaltimet

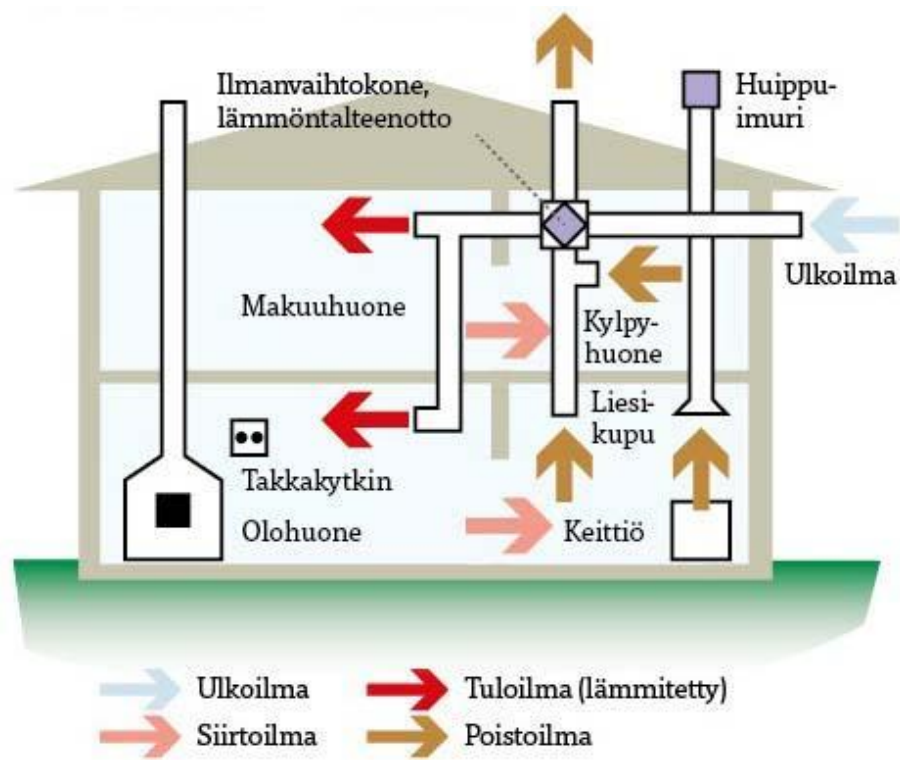
tehostavat poistoilman määrää. Poistopuhaltimella saadaan aikaan riittävä ilman virtaus, ja sen toiminta voi olla joko automaattisesti tai manuaalisesti säädettävissä. (Kuva 2.)



KUVA 2. Koneellinen poistoilmanvaihto (3)

2.3 Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto

Koneellisessa tulo- ja poistoilmanvaihdossa rakennukseen asennettu kanavisto ja ilmanvaihtokone hoitavat asunnon ilmanvaihdon. Koneessa on tuloilmapuhallin ja poistoilmapuhallin. Tuloilma-kanavistoa pitkin viedään puhdasta ja halutun lämpöistä ilmaa sisälle puhtaisiin tiloihin ja poistoilmapuhallin ottaa likaisista tiloista lämmintä ja likaista sisäilmaa ulos. Koneissa on lämmöntalteenottojärjestelmä, jonka avulla poistoilmasta otetaan lämmitysenergiaa talteen ja siirretään se tuloilmaan. (Kuva 3.)



KUVA 3. Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto (4)

3 ASUNTOILMANVAIHDON KEHITYS

Asuntoilmanvaihdon kehitys voidaan katsoa alkaneeksi jo muinaisesta Egyptistä, missä kaislat ripustettiin ikkunaan ja kostutettiin vedellä. Tämän avulla pyrittiin tekemään ilmasta kosteampaa. Nykyaikaista ilmastoinnin ja ilmanvaihdon määritelmää luotiin kuitenkin vasta 1900-luvun alkupuolella, ja nykyiset ilmastointilaitteina tunnetut laitteet kehitti alun perin Willis Carrier 1900-luvun alussa. (5, s.11.)

3.1 Rakennusajankohta ennen 1960-lukua

Suomessa 1900-luvun alussa rakennukset toimivat painovoimaisella ilmanvaihdolla tai niitä tuuletettiin avattavien ikkunoiden kautta. Rakenteet eivät olleet tiiviitä ja ilma pääsi vaihtumaan ikkunan raoista ja rakenteiden välistä. Huonekohtaisten uunien jäätyä lämmitysmuodoista pois syntyi tarve erillisten poistoilmahormien rakentamiseen, ja vähitellen painovoimaisten hormien yläpään asennettiin poistoilmapuhaltimia tehostamaan huonekohtaista ilmankiertoa. Se oli 1960-luvulle asti lähes yksinomainen ilmanvaihtotapa. Painovoimaisessa ilmanvaihdossa tuloilma virtaa sisään luonnollisesti rakenteiden ja ikkunoiden raoista sekä ulkoseinään tai ikkunarakenteisiin sijoitetuista tuloilmalaitteista. 1940-luvulta lähtien poistoilmakanavia alettiin sijoittamaan ainoastaan likaisiin tiloihin, kuten keittiöihin ja pesutiloihin. Myös muiden huoneiden poistoilma johdettiin näiden tilojen kautta ulos. (5, s.11.)

3.2 Rakennusajankohta 1960–1990-luvut

Koneellinen poistoilmanvaihto yleistyi vallitsevaksi järjestelmäksi 1960-luvulla. Samaan aikaan uusia toimistorakennuksia ja vaativimpia kohteita, kuten sairaaloita, laboratorioita ja teollisuusrakennuksia alettiin varustaa myös koneellisella ilman sisäänpuhalluksella, jossa suodatuksella, lämmityksellä ja joskus kostutuksella varustetut tuloilmakoneet puhalsivat puhdasta ulkoilmaa sisälle huoneisiin. Koneellista jäähdytystä ei vielä tuohon aikaan ollut, vaan tilojen viilennys hoidettiin puhaltamalla raitista huoneilmaa suoraan sisälle. Hellepäivinä, jolloin viilennystä eniten tarvitaan, lämpötila rakennuksen sisällä kuitenkin nousi. 1970-luvun kaksi öljykriisiä vaikuttivat rakentamismääräyksiin, jotka edellyttivät lämmönläpäisyltään parempia ja tiiviimpiä ikkunoita ja

talon rakenteita. Tämän seurauksena talojen huonelämpötilat nousivat, koska rakenteet eivät enää vuotaneet yllämpöä huonetiloista ulos. (5, s.12.)

1980-luvulla pientalon omistajien markkinoille tulivat ensimmäiset lämmöntalteenotolla varustetut koneelliset tulo- ja poistoilmanvaihtokoneet (kuva 4), vaikkakin koneellista tulo- ja poistoilmanvaihtoa oli käytetty jo aikaisemmin vaativimmissa rakennuksissa. Nämä tulivat pientalorakentamiseen suhteellisen hitaasti ja yleistyivät uudisrakentamisessa vallitsevaksi järjestelmäksi vasta 1990-luvulla.



KUVA 4. Ilmanvaihdon lämmöntalteenotto (6)

3.3 1990-luku–nykyhetki

1990-luvulla vielä pientaloissa asuntoilmanvaihto hoidettiin suuressa osassa joko painovoimaisella ilmanvaihdolla tai koneellisella poistoilmanvaihdolla, mutta uudisrakentamisessa vallitseva järjestelmä oli koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto. Koneissa oli jo nykyaikaiset lämmöntalteenottojärjestelmät ja niiden lämmöntalteenoton lämpötilasuhte oli yleensä 60–70 %, joten ilmanvaihdon lämmityskulut pienenevät merkittävästi ja energiatehokkuus kasvoi. Nykyiset ilmanvaihtokoneet ovat kehittyneet reilusti viimeisen 20 vuoden aikana; valmistajat lupaavatkin lämmöntalteenoton lämpötilasuhteiksi jopa yli 80 %.

3.4 Tulevaisuus

Energiansäästöä ja ympäristövaikutusten minimoinnista on tullut rakentamista voimakkaasti ohjaava tekijä. Tavoitteet nykyisin ja vuoteen 2020 mennessä ovat lähes nollaenergiatasolla, mikä aiheuttaa suuria haasteita rakennusallalle. Onhan rakennusten kuluttama energiamäärä noin 40 % koko maailman energiankulutuksesta.

Suomessa ja Pohjoismaissa ilmasto-olosuhteet asettavat tietenkin omat haasteensa. Enää ei riitä, että sisäilman olosuhteet hallitaan ja pidetään terveellisenä rakennuksille ja ihmisille, vaan nollaenergiatavoitteet pakottavat kehittämään ratkaisuja, joissa rakennus itse pystyy tuottamaan energiaa käytettäväksi. Koska nollaenergiatavoitteita ei pystytä ainoastaan rakenteiden kautta saavuttamaan, kasvaa talotekniikka-alan merkitys suuresti. (5, s.12.)

3.5 Asuntojen mitoitusilmavirtojen kehitys

Suomessa ilmanvaihdon suunnittelu on aina 1940-luvulta lähtien tehty laadittujen ohjausten ja määräysten mukaisesti. Aluksi suunnittelu on tehty rakentajan käsikirjan mukaan ja sen jälkeen normaaliyhjeiden mukaan (1954 ja 1966), joista on siirrytty Suomen rakentamismääräyskokoelman (myöh. RakMk) osaan D2, josta ensimmäiset määräykset ja ohjeet julkaistiin vuonna 1978. Näitä määräyksiä on täydennetty kolme kertaa sen ensimmäisestä painoksesta, vuosina 1987, 2003 ja 2012. Rakentajain kalenteri on monikäyttöinen, vuosittain uudistuva käsikirja rakennusalan ammattilaisille ja opiskelijoille. Tässä perinteisessä kalenterissa annettiin ensimmäisen kerran ohjearvoja asuntojen poistoilmavirtojen mitoittamiseksi jo vuonna 1940. (7.)

Hyvä ja toimiva ilmanvaihto on perusedellytys sekä asunnon että asukkaiden terveydelle. Rakennuksessa syntyy useita epäpuhtauksia, joiden lähteitä ei voida kokonaan poistaa. Tällöin tarvitaan riittävää ja hyvää yleisilmanvaihtoa. Sen avulla esimerkiksi hiilidioksidin ja vesihöyryn pitoisuudet ilmassa saadaan pidettyä ihmiselle ja rakennukselle terveellisellä ja hyvällä tasolla. Ihminen hengittää kerrallaan noin 0,5 l ilmaa noin 12–15 kertaa minuutissa, ja yhden vuorokauden aikana tarve on kymmeniä kiloja ilmaa. Hyvä ilmanvaihto ei aiheuta myöskään vetoa eikä melua. Tämän lisäksi se on energiataloudellinen, helppokäyttöinen ja toimintavarma. (7.)

Perhekoon ja asumistottumusten vaikutukset asuntojen ilmavirtojen suunnitteluarvoihin ovat olleet vähäisiä ennen vuoden 2003 ja 2012 uusia määräyksiä. Saunojen korvausilman saannista on aina huolehdittu, ja makuuhuoneiden sekä muiden asuinhuoneiden korvausilmasta on säädetty vuodesta 1987 lähtien. (7.)

Vuoden 2003 RakMk:n osaan D2 on tullut määräys käyttöajan tehostuksesta likaisissa tiloissa (taulukko 1). Poistoilmavirtojen suunnittelu- ja ohjearvot vuosien 1940–2012 välillä ovat muuten pysyneet lähes samalla tasolla. Rakennusten ilmanvaihtoa ei ole pidetty 1940-luvulla yhtä merkit-

tävänä tekijänä rakentamisessa kuin nykypäivänä, joten ilmanvaihdon suunnittelu on ollut siihen aikaan todella vähäistä.

TAULUKKO 1. Esimerkkejä tilakohtaisten poistoilmavirtojen suunnitteluarvoista Suomessa eri aikoina (7, taulukko 2, s.459)

Vuosi	Ilmavirrat l/s		
	Keittiö	WC	Kylpyhuone
1940 (rakentajan kalenteri)	30,6	8	8
1954 (Normaaliohjeet)	27,8	8,3	16,7
1966 (Normaaliohjeet)	22,2	8,3	16,7
1978 D2	22	8	16
1987 D2	20	10	15
2003 D2	8/25	7/10	10/15
2012 D2	8/25	7/10	10/15

Vuoden 1987 RakMk:n osassa D2 olevat määräykset ja ohjeet poikkeavat nykyisistä määräyksistä selvästi pienemmillä ilmavirtamitoituksilla (taulukko 2). Esim. Rakennuksessa asuu kolme henkilöä, missä on 15 m² olohuone. Vuoden 1987 ohjeilla ja määräyksillä olohuoneen mitoittamiseen riittäisi 7,5 dm³/s, ja nykyinen D2 ohjeistaa 18 dm³/s. Ulkoilmavirran mitoitusperusteena on pidetty vielä tuolloin huonekokoa eikä perhekokoa tai asumistottumukset ole vaikuttaneet tuloilman määrään.

TAULUKKO 2. Sisäilmaston ja ilmanvaihdon tilakohtaisia ohjearvoja asuinrakennuksissa vuonna 1987 (8, liite 1, s.16)

1. Asuinrakennukset A)

Tila/Käyttö	Ilman lämpö- tila °C	Opera- tiivinen lämpö- tila °C	Veto- käyrä	Ulkoilmavirta (siirtoilmavirta = s)		Poisto- ilma- virta s, yks	Ääni- taso dB (A)
				$\frac{dm^3}{s, hlö}$	$\frac{dm^3}{s, m^2}$		
Asuintilat							
1.1 Olohuone	21	20	2		0,5		30
1.2 Makuuhuoneet	21	20	2	4	0,7		30
1.3 Eteinen	19	17	5	(s)			35
1.4 Keittiö	21	20	2	(s)		20 B)	35
1.5 Erillinen ruokailutila	21	20	2		0,5		30
1.6 Vaatehuone	19	17		(s)		3	35
1.7 Kylpyhuone, pesuhuone	22	22	2	(s)		15	40
1.8 WC	21	19		(s)		10	35
1.9 Kodinhoituhuone	21	19	3	(s)		15	35
1.10 Huoneistos sauna				2 C)		2/m ² C)	35
1.11 Askarteluhuone	21	19	3		0,7	0,7/m ²	35
Yhteistilat							
1.12 Porrashuone	17				0,5 1/h	0,5 1/h	40
1.13 Varastotilat (myös asunnossa)	17				0,35 D)	0,35/m ²	45
1.14 Kylmäkellari (myös asuntokylmiö, jos pinta-ala > 4 m ²)	5				0,20	0,20/m ²	45
1.15 Pukuhuone	21	20	2	2		2/m ²	35
1.16 Pesuhuone	22	22	2	3		3/m ²	40
1.17 Saunan löylyhuone				2		2/m ²	35
1.18 Pesutupa	21			1		1/m ²	45
1.19 Kuivaushuone	21			2 E)		2/m ² E)	45
1.20 Askarteluhuone, kerho huone	20	18	3	1 F)		1/m ² F)	35

A) Asuntojen ilmanvaihto mitoitetaan yleensä taulukon poistoilmavirtojen perusteella. Pienten asuntojen poistoilmavirrat voidaan mitoittaa ohjearvoja pienemmiksi siten, että huoneiston ilmanvaihtokerroin on vähintään 1,0. Suurissa asunnoissa on poistoilmavirrat usein mitoitettava ohjearvoja suuremmiksi, jotta asuinhuoneiden ulkoilmavirta olisi ohjearvon mukainen.

Asuntojen ilmanvaihtoa voidaan pienentää silloin, kun keittiössä ja hygieniatiloissa ei ole tarvetta mitoituspoistoilmavirtoihin. Tällöin on varmistettava, että asuinhuoneiden ulkoilmavirta on ohjearvojen mukainen ja ilmanvaihtokerroin on vähintään 0,4 koko huoneiston osalta.

B) Ohjearvo, kun keittiössä on liesikupu tai vastaava kohdepoisto; ellei, on poistoilmavirta vähintään 50 dm³/s.

C) Kuitenkin vähintään 6 dm³/s.

D) Asunnon sisäiseen varastoon voidaan ottaa siirtoilmaa asuinhuoneesta tai eteisestä.

E) Voidaan mitoittaa pienemmäksi kun käytetään ilmankuivainta.

F) Edellyttää tuuletusmahdollisuutta; muuten 1,5 dm³/s, m².

Nykyisessä RakMk:n osassa D2 asuintilojen ulkoilmavirran mitoittamiseen vaikuttaa tilan keskimääräinen henkilömäärä (taulukko 3). Ohjeessa myös määrätään vaatimukset likaisten tilojen käyttöajan tehostukselle, jota ei vanhemmasta, vuoden 1987 RakMk:n osasta D2 löydy. Ainoastaan erikoisimpien ja vaativimpien tilojen mitoitusperusteena käytetään tilan kokoa.

TAULUKKO 3. Asuinrakennuksien ilmanvaihdon tilakohtaisia ohjearvoja 2012. (9, taulukko 1, s.25)

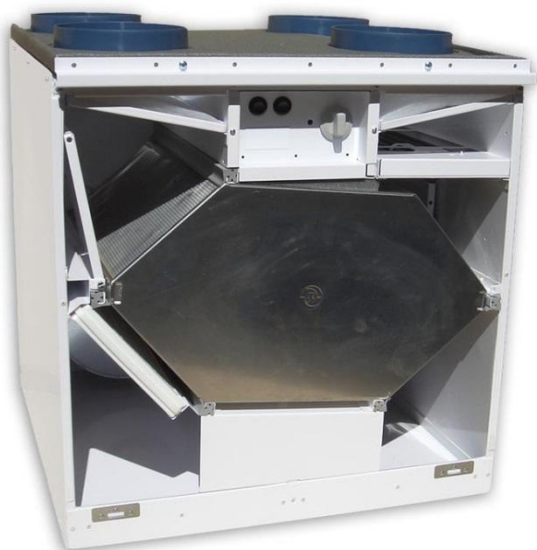
<p>Asuntojen ilmanvaihto mitoitetaan yleensä taulukon poistoilmavirtojen perusteella siten, että asuntojen ilmanvaihtokerroin on vähintään 0,5 l/h ja ulkoilmavirtojen riittävyys varmistetaan vähintään ohjearvojen mukaisiksi. Pienten asuntojen poistoilmavirrat mitoitetaan yleensä ohjearvoja pienemmiksi siten, että huoneiston käyttäjän ilmanvaihtokerroin on enintään 0,7 l/h ja poistoilmavirran tehostusta voidaan ohjata tila- tai asuntokohtaisesti tarpeen mukaan. Jos poistoilmavirran tehostusta voidaan ohjata vain rakennuskohtaisesti, voidaan pienten asuntojen poistoilmavirrat mitoitetaan ohjearvoja pienemmiksi siten, että huoneiston ilmanvaihtokerroin on vähintään 1,0 l/h. Suurten asuntojen poistoilmavirrat mitoitetaan yleensä ohjearvoja suuremmiksi, jotta tilakohtainen ulkoilmavirta olisi ohjearvon mukainen ja huoneiston ilmanvaihtokerroin olisi vähintään 0,5 l/h.</p>						
Tila / käyttötarkoitus	Ulkoilma- virta (dm ³ /s)/hlö	Ulkoilma- virta (dm ³ /s)/m ²	Poistoilma- virta dm ³ /s	Äänitaso L _{A,eq,T} / L _{A,max} dB	Ilman nopeus talvi m/s	Huom!
Asuintilat:	6	0,5		28 / 33 *	0,20	*C1 määräys *C1 määräys
Asuinhuoneet						
Keittiö		#S	8 #A	33 / 38 *	0,20	
- käyttäjän tehostus		#S	25	33 / 38	0,20	
Vaatehuone, varasto		#S	3	33 / 38		
Kylpyhuone		#S	10 #B	38 / 43	0,20	
- käyttäjän tehostus		#S	15	38 / 43	0,20	
WC		#S	7 #B	33 / 38		
- käyttäjän tehostus		#S	10	33 / 38		
Kodinhuoltohuone		#S	8	33 / 38	0,30	
- käyttäjän tehostus		#S	15	33 / 38	0,30	
Huoneistosaua		2 #C	2/m ² #C	33 / 38		
Yhteistilat:						
Porrashuone		0,5 l/h	0,5 l/h	38 / 43		
Varastot		0,35	0,35 /m ²	43 / 48		
Kylmäkellari (myös asunto- kylmiö, jos pinta-ala > 4m ²)		0,2	0,2 / m ²	43 / 48		
Pukuhuone		2	2 / m ²	33 / 38	0,20	
Pesuhuone		3	3 / m ²	43 / 48	0,20	
Saunan löylyhuone		2	2 / m ²	33 / 38		
Talopesula		1	1 / m ²	43 / 48		
Kuivaushuone		2 #D	2 / m ² #D	43 / 48		
Askarteluhuone, kerhohuone		1 #E	1 / m ² #E	33 / 38	0,20	
<p># A Ohjearvo, kun liesikuvun ilmavirran tehostusta voidaan ohjata tila- tai asuntokohtaisesti, muussa tapauksessa on liesikuvun ohjearvo 20 dm³/s.</p> <p># B Ohjearvo, kun ilmavirran tehostusta voidaan ohjata tila- tai asuntokohtaisesti, muussa tapauksessa ilmavirran ohjearvo on käyttäjän tehostuksen mukainen.</p> <p># C Kuitenkin vähintään 6 dm³/s. Saunan ilmavirtaa ei oteta huomioon laskettaessa asunnon ilmanvaihtokerrointa, jos saunan ulkoilmavirta on yhtä suuri kuin poistoilmavirta.</p> <p># D Voidaan mitoitaa pienemmäksi kun käytetään ilmankuivainta.</p> <p># E Edellyttää tuuletusmahdollisuutta; muuten 1,5 (dm³/s)/m².</p> <p># S Ulkoilmavirta korvataan yleensä asuinhuoneista johdettavalla siirtoilmavirralla.</p>						

4 MITTAUSKOHTEET

Kohteiksi valikoitui kolme eri-ikäistä omakotitaloa Oulun alueelta. Vanhin taloista on rakennettu vuonna 2000 ja seuraavat kaksi taloa vuosina 2012 ja 2014. Kohteisiin tehtiin ilmanvaihdon toimintaselvitys, jossa selvitettiin mittauksin ja aistinvaraisin tutkimuksin ilmanvaihtojärjestelmän toimintakuntoa. Kaikissa kolmessa talossa on koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtokone.

4.1 Kohde A

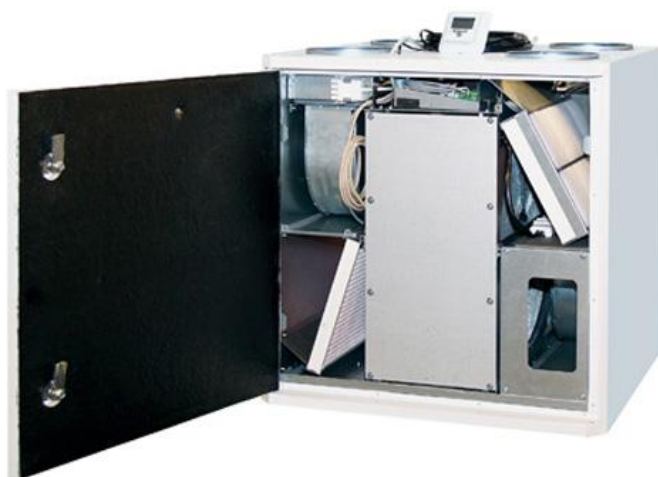
Talo A sijaitsee Muhoksen Päivärinteellä ja on valmistunut vuonna 2014. Rakennus on yksikerroksinen omakotitalo, jossa on asuintilaa yhteensä 141 m². Ilmanvaihdosta vastaa SunAir 431 EC LT -ilmanvaihtokone, jossa ilmaa lämmitetään sekä etulämmityspatterilla että jälkilämmityspatterilla ja lämmöntalteenotto hoidetaan vastavirtakennolla (kuva 5). Talon lämmitysmuotona on maalämpö ja ilmanvaihtokoneessa tarvittava ilman lämmitys tapahtuu sähköpattereilla. Ilmanvaihtokanavat ovat peltikanavistoa, ja päätelaitteet ovat EH-Muovi Oy:n muovisia ilmastointiventtiilejä. Koneen nopeudesta on valittavissa 5 eri tasoa, jotka ovat säädettävissä sisällä olevasta ohjauspaneelistä. Rakennuksen ilmavirrat on mitoitettu koneen ollessa nopeudella 3 ja kaikki mittaukset tehtiin koneen ollessa tällä teholla.



KUVA 5. SunAir 431 EC LT -ilmanvaihtokone (10)

4.2 Kohde B

Talo B on yksikerroksinen omakotitalo, joka sijaitsee Oulun Metsokankaalla. Rakennus on valmistunut vuonna 2012, ja siinä on asuintilaa yhteensä 132 m². Ilmanvaihto toteutetaan Swegon Casa R120 -ilmanvaihtokoneella, jossa ilman tarvittava jälkilämmitys hoidetaan sähköpatterilla ja koneessa on pyörivä lämmönsiirrin (kuva 6). Talo on liitetty kaukolämpöön. Ilmanvaihtokanaviston materiaali on peltiä, ja päätelaitteet ovat EH-Muovi Oy:n muovisia ilmastointiventtiilejä. Koneessa on valittavissa 5 eri nopeutta. Ohjauspaneelista pystyy valitsemaan kotona-valinnan, jolloin kone on nopeudella 3, sekä poissa-valinnan, jolloin kone on hiljaisimmalla eli nopeudella 1. Tehostusta tarvittaessa kone käyttää suurinta nopeutta. Kaikkien mittausten aikana koneen ohjauspaneelista oli valittu kotona -valinta, jolla myös rakennuksen ilmavirrat on mitoitettu.



KUVA 6. Swegon Casa R120 -ilmanvaihtokone (11)

4.3 Kohde C

Talo C sijaitsee Oulun Heikkilänkankaalla ja on valmistunut vuonna 2000. Rakennus on kaksikerroksinen omakotitalo, jossa on noin 250 m² asuintilaa. Talon ilmanvaihtokone on ILTO 450 Econo, jossa on ristivirtakenno lämmöntalteenotona ja jälkilämmityspatteri tarvittavan ilman lämmitykseen (kuva 7). Talo on liitetty kaukolämpöön, ja ilmanvaihtokoneessa tarvittava lämmitys tapahtuu vesipatterilla. Ilmanvaihtokanaviston materiaali on peltiä, ja päätelaitteet ovat Fläkt-woodsien peltisiä KSO ja KTS-venttiilejä. Koneessa on valittavissa 4 eri nopeutta, jotka ovat säädettävissä joko koneen sivusta tai kodinhoituhuoneessa olevasta 4-portaisesta ohjauspaneelista.

Ilmavirrat kohteessa on mitoitettu koneen ollessa nopeudella 3 ja kaikki mittaukset tehtiin koneen ollessa tällä nopeudella. Sisällä olevaan ohjauspaneeliin on lisäksi asennettu aikakytin, joka pitää koneen nopeuden hiljaisella teholla työpäivien aikana aamusta iltapäivään talon ollessa tyhjiällä.



KUVA 7. ILTO 450 Econo -ilmanvaihtokone (12)

5 MITTAUKSET

Mittaukset tehtiin alkukeväästä, ajanjaksolla 29.1. - 5.4.2015. Kohteissa tehtiin seuraavat mittaukset: ilmavirta-, äänitaso-, vetomittaukset, operatiivisen lämpötilan mittaukset sekä lämmöntalteenoton lämpötilasuhteen mittaukset. Lisäksi koneen ja kanavien puhtautta arvioitiin aistinvaraisin tutkimuksin.

5.1 Ilmavirtamittaukset

Ilmavirrat mitattiin jokaisessa kohteessa anemometritorvien ja TSI VelociCalc 9555P -mittarin avulla suoraan päätelaitteesta (kuva 8). Torvia on kaksi erilaista, toinen on poistoilmavirran mittaukseen ja toinen tuloilmavirran mittaukseen. TSI VelociCalc -mittarilla mitataan torvesta ilmavirran nopeus (m/s), joka kerrotaan torven valmistajan ilmoittamalla kertoimella, josta saadaan oikea ilmavirta (l/s). Epävarmuustekijöinä mittauksissa voidaan pitää mittalaitteen virhettä ja mittaajan omaa virhettä torvea aseteltaessa.



KUVA 8. Anemometritorvet tuloilmalle ja poistoilmalle, VelociCalc 9555P (13;14)

Liitteissä 1, 2 ja 3 on ilmavirtamittausten mittauspöytäkirjat, joista näkyy kirjatut tulokset jokaisesta kohteesta erikseen. Kohteista uusimmassa ja vanhimmassa oli ongelmia ilmavirtamittauksessa, koska molemmissa tuloilman ilmavirrat jäivät vaadittujen arvojen alle. Jokaisesta kolmesta kohteesta laskettiin tuloilman ja poistoilman suhde (kaava 1).

$$\frac{Poistoilma \text{ (l/s)} - Tuloilma \text{ (l/s)}}{Poistoilma \text{ (l/s)}} \times 100 \text{ (\%)} \quad \text{KAAVA 1}$$

5.1.1 Kohde A

Uusimmassa mittauskohteessa poistoilmavirrat olivat kaikki suunnitelman ja RakMk:n osan D2 arvojen mukaisia, mutta tuloilmavirrat olivat päätelaitteista mitattuna järjestelmällisesti puolittuneet ja kokonaisilmavirtakin oli tuloilman osalta puolittunut. Koneen käynnistyessä tuloilmavirrat olivat hetkellisesti riittäviä, mutta koneen käydessä ne puolittuivat pian. Kohteessa oli ollut jo takatoiminnon kanssa ongelmia ja ohjauspaneeliin oli vaihdettu uusi ohjainkortti. Tämä uusi ohjainkortti aiheutti tuloilmapuhaltimen käynnin puolella teholla. Ohjauspaneeliin vaihdettiin vanha ohjainkortti tilalle ja tuloilmailmavirrat saatiin vastaamaan RakMk:n osan D2 mukaisia arvoja. Rakennuksen poistoilman ja tuloilman suhde on mittauksien mukaan 6,1 % alipaineinen (kaava 2). Mittaukset on esitetty liitteessä 3.

$$\frac{69,2 \text{ (l/s)} - 65,0 \text{ (l/s)}}{69,2 \text{ (l/s)}} \times 100 = 6,1 \text{ \%} \quad \text{KAAVA 2}$$

5.1.2 Kohde B

Kohteessa B ilmavirrat olivat RakMk:n osan D2 ja suunnitelmissa ilmoitettujen arvojen mukaisia. Tuloilman ja poistoilman suhde on mittauksien mukaan 6,7 % alipaineinen (kaava 3). Kohde B:n mittaukset on esitetty liitteessä 1.

$$\frac{65,6 \text{ (l/s)} - 61,2 \text{ (l/s)}}{65,6 \text{ (l/s)}} \times 100 = 6,7 \text{ \%} \quad \text{KAAVA 3}$$

5.1.3 Kohde C

Vanhimmassa mittauskohteessa eli kohteessa C ei voinut verrata ilmavirtoja RakMk:n osan D2 arvoihin, koska rakennus ja sen ilmanvaihtokone oli mitoitettu huomattavasti pienemmillä mitoitussarvoilla. Talo on rakennettu vuonna 2000, joten sen ajan ohjeet ja määräykset ovat olleet vuoden 1987 RakMk:n osasta D2. Mitattuja ilmavirtoja verrattiin suunnitelmissa ilmoitettuihin arvoihin.

Poistoilmavirtojen mittauksissa saatiin suunnitelmiin verrattavia arvoja, ja ne olivatkin pysyneet riittävän lähellä ilmoitettuja arvoja.

Ilmanvaihtokone oli tässä kohteessa ILTO:n 450 econo, josta lähtee kaksi eri tuloilmakanavaa koneelta. Toisen kanavalähdön tilat ja niiden tuloilmavirrat jäivät ensimmäisellä mittauksella huomattavasti ilmoitetuista arvoista. Ilmanvaihtokoneen sisältä löytyi toisen kanavalähdön edestä 2 peltilevyä, joilla oli yritetty säätää näiden tilojen liian suurta ilmamäärää. Näiden peltilevyjen poiston jälkeen ilmavirrat saatiin toisella mittauksella jokaisessa tilassa riittävän lähelle ilmoitettuja arvoja. Tulo- ja poistoilmavirrat jäivät silti huomattavan paljon nykyisen RakMk:n osan D2 arvoja alhaisemmiksi, koska kone on mitoitettu rakennusaikana pienemmillä mitoitusarvoilla. Rakennuksen poistoilman ja tuloilman suhde on mittauksien mukaan 6,4 % alipaineinen (kaava 4). Mittaukset on esitetty liitteessä 2.

$$\frac{74,6 \text{ (l/s)} - 69,8 \text{ (l/s)}}{74,6 \text{ (l/s)}} \times 100 = 6,4 \%$$

KAAVA 4

5.2 Äänitasomittaukset

Äänitaso mitattiin kolmesta eri pisteestä pääasiallisen oleskelu- tai työpisteen kohdalta tai keskeistä oleskeluvyöhykettä 1,1 m...1,5 m korkeudelta ovien ja ikkunoiden ollessa suljettuna. Äänitasomittaukset tehtiin RakMk:n osan D2 ja standardin SFS5517 mukaisesti. Mittauslaitteena käytettiin Cirrus Optimus 161C -äänitasomittaria (kuva 9). Liitteissä 4, 5 ja 6 olevissa äänitasojen mittauspöytäkirjoissa on esitetty mitatut äänitasot.



KUVA 9. Cirrus Optimus 161C -äänitasomittari (15)

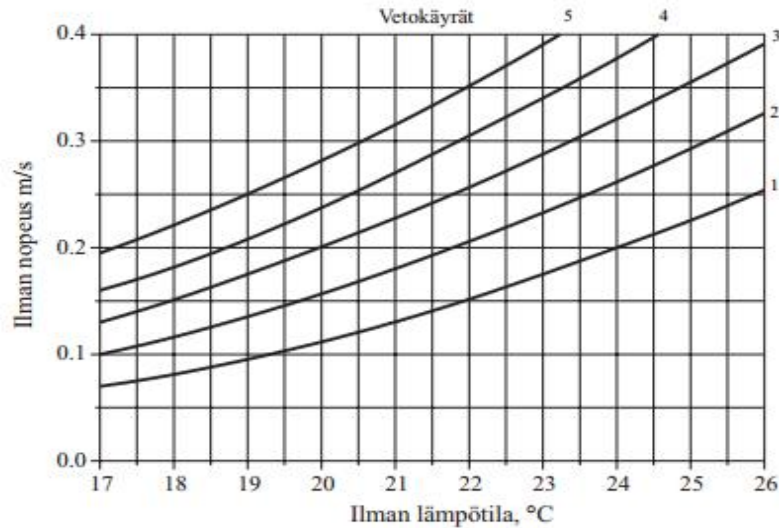
Jokaisessa kolmessa kohteessa äänitasot olivat RakMk:n osan D2 mukaisia tiloissa, joissa liian suurista äänitasoista voisi olla haittaa. Ainoastaan kohteissa C ja B molempien wc-tilojen poistoilmaventtiili aiheutti hieman melua, mikä ei kuitenkaan aiheuta toimenpiteitä, koska wc-tilojen äänitasot saavat olla RakMk:n osan D2 mukaan korkeammat kuin muissa asuintiloissa. Vanhimmassa rakennuksessa wc-tilan suuri äänitaso kantautui viereisessä tilassa olevasta ilmanvaihtokoneesta.

5.3 Vetomittaukset ja lämpötilat huonetiloissa

Ilman virtausnopeuden mittaus tehdään huonetilassa yleensä ilman liikkeen aiheuttaman vedon arvioimiseksi. Kaikissa kolmessa mittauskohteessa vedon ja lämpötilojen mittaukset tehtiin pistokokein tiloissa, missä eniten oleskellaan. Mittaukset tehtiin tiloissa oleskeluvyöhykkeeltä kahdesta eri kohdasta ja näistä laskettiin keskiarvo. Mittalaitteena käytettiin Swema Air 3000 -mittalaitetta ja olosuhdeanturia (kuva 10), joka mittaa ilman virtausnopeutta ja lämpötilaa. Kaikissa kohteissa huoneiden lämpötilat ja ilman virtausnopeudet olivat RakMk:n osan D2 mukaisia. Epäviihtyisyyttä aiheuttavaa ilman nopeutta eri huoneilman lämpötiloissa voidaan arvioida kuvan 11 vetokäyrien avulla. Mittaukset on esitetty liitteissä 7, 8 ja 9.



KUVA 10. Swema Air 3000 ja olosuhdeanturi (16)



KUVA 11. Vetokäyrät kuvaavat epäviihtyisyyttä aiheuttavan ilman liikkeen riippuvuutta ilman lämpötilasta (9, liite 1, s.24)

Operatiivisen lämpötilan mittauksessa käytettiin Kimo TK102 -pallolämpötilamittaria (kuva 12). Lämpötilat mitattiin oleskeluvyöhykkeeltä tiloissa, missä eniten oleskellaan. Mittari asetettiin mitauspisteeseen, jossa sen annettiin olla kunnes lukema tasaantui. Pallo sijoitettiin mitauspaikkaan siten, että ympäröivien pintojen säteily kohdistui siihen esteettömästi. Kaikissa rakennuksissa operatiiviset lämpötilat olivat verrattavissa huoneiden lämpötiloihin. Mittaukset on esitetty liitteessä 7, 8 ja 9.



KUVA 12 Kimo TK102 -pallolämpötilamittari (17)

5.4 Lämmöntalteenoton lämpötilasuhde

Lämmöntalteenoton lämpötilasuhde kuvaa LTO-laitteen kykyä ottaa lämpöä talteen. Mitä enemmän LTO-laite pystyy ottamaan lämpöä talteen likaisesta poistoilmasta ja siirtämään sitä puhtaan tuloilmaan, sitä vähemmän tarvitaan tuloilman lämmitystä patterin avulla. Jokaisessa mittauskohteissa on eri-ikäinen ja erilainen lämmöntalteenottojärjestelmä, joka tuo mielenkiintoa lämpötilasuhteen laskentaan ja niiden vertailuun. Lämpötilasuhteen mittaukset on esitetty mittauspöytäkirjassa liitteessä 10. Epävarmuustekijöinä voidaan pitää mittarin tarkkuutta ja antureiden asettamista oikeisiin kohtiin koneen sisällä. Lämpötilat koneen sisällä vaihtelevat lämpötilanturien paikkojen mukaan. Mittaukset tehtiin lyhytkestoisinä mittauksina (kaava 5).

Kohteessa A on vastavirtalämmöntalteenottokenno, ja siinä on uusin ja parasta lämpötilasuhdetta lupaava lämmöntalteenottojärjestelmä. Valmistaja lupaa lämpötilasuhteeksi yli 80 %. Mittauksissa saaduilla tuloksilla lämmöntalteenoton lämpötilasuhteeksi saatiin laskettua 85,9 % (kaava 6), kun tuloilman lämpötila oli 18,9 °C, poistoilman lämpötila 22,9 °C ja ulkoilman lämpötila 0,1 °C.

$$\frac{T_{\text{tuloilma lt. (}^{\circ}\text{C)}} - R_{\text{aitisilma lt. (}^{\circ}\text{C)}}}{P_{\text{oistoilma lt. (}^{\circ}\text{C)}} - R_{\text{aitisilma lt. (}^{\circ}\text{C)}}} \times 100 \text{ (\%)} \quad \text{KAAVA 5}$$

$$\frac{18,9 \text{ (}^{\circ}\text{C)}}{22,0 \text{ (}^{\circ}\text{C)}} - \frac{0,1 \text{ (}^{\circ}\text{C)}}{0,1 \text{ (}^{\circ}\text{C)}} \times 100 = 85,9 \text{ \%} \quad \text{KAAVA 6}$$

Kohteessa B on pyörivä lämmönsiirrin, jolle valmistaja lupaa lämpötilasuhteeksi noin 80 %. Mittauksissa saaduilla tuloksilla lämmöntalteenoton lämpötilasuhteeksi laskettiin 85,8 % (kaava 7), kun tuloilman lämpötila oli 19,0 °C, poistoilman lämpötila 22,1 °C ja ulkoilman lämpötila 0,2 °C. Epävarmuustekijänä ovat tuloilman ja poistoilman lämpötilat, koska lämpötila-antureita ei saatu aivan keskelle koneen osaa, josta ilmavirrat kulkevat.

$$\frac{19,0 \text{ (}^{\circ}\text{C)}}{22,1 \text{ (}^{\circ}\text{C)}} - \frac{0,2 \text{ (}^{\circ}\text{C)}}{0,2 \text{ (}^{\circ}\text{C)}} \times 100 = 85,8 \text{ \%} \quad \text{KAAVA 7}$$

Kohteessa C on vanhin ilmanvaihtokone ja selvästi huonoin valmistajan lupaama lämpötilasuhde, joka on vain 60–70 %. Mittauksissa saaduilla tuloksilla lämpötilasuhteeksi laskettiin 65,3 % (kaava 8), kun tuloilman lämpötila oli 15,1 °C, poistoilman lämpötila 22,1 °C ja ulkoilman lämpötila 1,9

°C. Tämä kohde oli epävarmuustekijöiltä vähäisin, koska lämpötila-anturit saatiin aseteltua koneen sisälle parhaiten.

$$\frac{15,1 (^{\circ}\text{C}) - 1,9 (^{\circ}\text{C})}{22,1 (^{\circ}\text{C}) - 1,9 (^{\circ}\text{C})} \times 100 = 65,3 \%$$

KAAVA 8

5.5 Koneen ja kanavien kunto

Kiinteistöjen perushuoltoon kuuluu ilmanvaihtokoneen ja -kanavien säännöllinen tarkastus ja puhdistus. Kanavien puhdistus suositellaan tehtäväksi 5–10 vuoden välein. Perusteellisesti tehty puhdistus poistaa terveydelle haitallisia epäpuhtauksia sekä parantaa huomattavasti kodin sisäilman laatua. Perushuollossa ilmanvaihtokoneen suodattimet vaihdetaan, lämmöntalteenottokenno puhdistetaan sekä koneen sisäosa imuroidaan. Valmistajien suosittelema suodattimien vaihtoväli on kerran vuodessa, ja puhdistus suositellaan tekemään kaksi kertaa vuodessa. Mittauksia ennen ilmanvaihtokoneen kunto ja suodattimien puhtaus tarkistettiin silmämääräisesti. Jokaisessa mittauskohteessa suodattimet oli vaihdettu ajallaan ja ilmanvaihtokoneen perushuollot oli tehty säännöllisesti.

Mittauskohteista vanhin eli kohde C oli oletettavasti kanavistoltaan likaisin, onhan kohde jo noin 14 vuotta vanha. Rakennuksen ilmanvaihtokanavia ei ole koskaan sen olemassa olon aikana puhdistettu, joten odotettavissa oli, että kanavistoon on kertynyt epäpuhtauksia. Keittiön poistoilmaventtiili ja tämän kanavisto oli kohteessa selvästi likaisin ja pikaisesti puhdistusta vailla (kuvat 13 ja 14). Tuloilmakanavisto ja -venttiilit olivat selvästi paremmassa kunnossa ja puhtaammat.



KUVA 13 Keittiön poistoilmakanava kohteessa C



KUVA 14 Keittiön poistoilmaventtiili kohteessa C

Kohteen C ilmanvaihtokoneen suodattimet vaihdettiin samana päivänä, kun mittauksia ja aistinvaraisia tutkimuksia tehtiin. Mittausten jälkeen suodattimet vielä tarkistettiin ja huomattiin että poistoilman karkeasuodatin likaantui nopeasti uudelleen (kuva 15). Suodatin oli ollut käytössä vain noin 5 h ja se oli mennyt jo niin huonoon kuntoon että se täytyi puhdistaa uudelleen. Osaksi tähän vaikutti myös se, että poistoilmaventtiilejä käytettiin auki, joten kanavan ja venttiilin pinnassa olleet epäpuhtaudet pääsivät irtoamaan ja liikkumaan kanavaa pitkin suodattimelle asti. Suurin syy suodattimen nopealle likaantumiselle oli kuitenkin likaisessa ja puhdistamattomassa kanavistos-
sa.



KUVA 15 Poistoilman suodatin kohteessa C ennen ja jälkeen mittausten

Kohteen B kanavisto on noin 3 vanha, ja siihen ei ole vielä kertynyt kovin suuria määriä epäpuhauksia. Silmämääräisesti likaisin kanavan osa tutkimuksissa oli wc-tilan poistoilmaventtiili (kuva 16).



KUVA 16 Wc- tilan poistoilmaventtiili kohteessa B

Kohteen A kanavisto ja venttiilit olivat uudenveroisessa kunnossa, onhan rakennus ja sen ilmanvaihto järjestelmä ollut käytössä vasta noin puolen vuoden ajan. Pieniä puutteita rakennuksen ilmanvaihtoon aiheutti rikkoutunut liesituulettimen perhospelti (kuva 17). Liesituuletin puhalsi raitista ulkoilmaa sisälle taloon, kun koneen takkatoiminto kytkettiin päälle.



KUVA 17 Liesituulettimen perhospeltti (18)

6 KÄYTTÖ JA HUOLTO-OHJEET

Ilmanvaihtokoneen mukana toimitetaan asukkaalle itse koneen ja koko järjestelmän käyttö- ja huolto-ohjeet. Ohjeet ovat hyvä väline järjestelmän elinkaaren hallintaan. Tähän kootaan koneen ja kanaviston hoidon, huollon ja kunnossapidon ohjeet asukkaille. Usein samassa paketissa on myös asennusohjeet, vaikka näitä ohjeita ei juuri tavallinen omakotitaloasuja tarvitsekaan. Kahdessa kohteessa käyttö- ja huolto-ohjeet olivat tallessa ja helposti saatavilla ja yhden kohteen ohjeet olivat kadonneet, mutta nämä saatiin tulostettua valmistajan sivuilta asukkaan käyttöön. Talojen omistajia haastateltaessa selvisi, että näihin ohjeisiin oli myös tutustuttu ja niiden antamaa tietoa oli hyödynnetty, vaikka yhden kohteen ohjeita ei löytynytäkään. Usein ohjeista löytyy kuitenkin liian paljon asiaa normaali käyttäjälle ja ohjeista helposti tehdään hankalasti luettavia.

6.1 Kohde A

Rakennuksessa on SunAirin 431 EC LT -ilmanvaihtokone, jonka mukana on toimitettu koneen asennus- ja käyttöohjeet. Ohjeet ovat sopivan kokoiset, A4 -paperin kokoinen lehtiö, jota on helppo lukea ja kantaa mukana. Sivumäärä on tässä kohtuullisen sopiva, 20 sivua. Kansilehdessä lukee, että ohjeet ovat tarkoitettu Sun Airin kahdelle eri koneelle, malleille 431 ja 481, joissa eroina on vain kokoluokka. Ohjeissa on yksinkertaisesti kerrottu koneen eri osat ja käyttöohjeita on helppo tulkita. Koneen mukana toimitetut ohjeet sisältävät myös asennusohjeet, jotka on tarkoitettu lähinnä talon rakennusvaiheeseen. Asennusohjeita asukas ei tule tarvitsemaan asuinaikana. Ohjeisiin riittäisi hyvin pelkästään käyttö- ja huolto-ohjeet, sillä asennusohjeet vaativat liian paljon koneen omistajalta. Kansilehdessä ei ole mainintaa huolto-ohjeista, vaikka ohjeiden takasivulta löytyy muutamia ohjeistuksia huoltotoimenpiteisiin. (19)

6.2 Kohde B

Kohteessa B on Swegonin Casa R120 -ilmanvaihtokone, jonka mukana on toimitettu asennus-, käyttö- ja huolto-ohjeet koneelle. Heti alkuun ohjekirjasta huomaa, että ohjeet ovat liiankin laajat tavalliselle käyttäjälle. Ohjeita on yhteensä 28 sivua, joista ensimmäiset 5 sivua on tarkoitettu rakennuksen käyttäjälle ja loput sivut ovat rakennusaikaiseen asennusohjeistukseen tarkoitettua. Huolto-ohjeen osa käyttäjälle on riittävän kattava, ja siitä selviää kaikki perustoiminnot koneen

käytöstä, huolloista ja hälytyksistä. Asennusohjeiden kattava määrä tässä käyttäjälle suunnatussa ohjeessa on turhaa. Koneen mukana voisi toimittaa erikseen käyttäjälle suunnatun käyttö- ja huolto-ohjeen, jossa käytyisiin kaikki perustoiminnot yksinkertaisesti läpi. (20)

6.3 Kohde C

Talossa C on Ilton 450 Econo -ilmanvaihtokone, jonka mukana on toimitettu erikseen käyttöohje koneelle, sekä lehtiö, jossa on suunnittelu-, asennus- ja käyttöohjeet samassa. Käyttöohjeet on laadittu kahdelle A4 -kokoiselle paperille, joista selviää käyttäjälle koneen käyttöön ja huoltoon tarvittava tieto. Suunnittelu-, asennus- ja käyttöohjeet on laadittu 15-sivuiselle lehtiölle, josta 3 sivua on varattu käyttö- ja huolto-ohjeisiin. Koneen mukana toimitettu käyttöohje on käyttö- ja huolto-ohjeeksi riittävä tähän koneeseen. Siinä on ohjeistettu yksinkertaisesti mm. laitteen käynnistäminen, suodattimien vaihto, lämmöntalteenottokennon puhdistus, yms. Käyttöohje on helppo pitää ilmanvaihtokoneen lähetyvillä, ja siitä pystyy helposti ja sujuvasti tarkistamaan tarvittavat toimenpiteet. Suunnittelu- ja asennusohjeita omakotitalon käyttäjä ei tarvitse muualla kuin rakennusvaiheessa.

7 YHTEENVETO

Työn aiheena oli selvittää kolmen omakotitalon asuntoilmanvaihdon toimivuus ja verrata vanhemman omakotitalon kuntoa, laitteita ja järjestelmää uudempiin kohteisiin. Selvitystä tehtiin mitausten avulla ja aistinvaraisin tutkimuksin kohteissa, jotka on rakennettu vuosina 2000, 2012 ja 2014.

Kohteisiin tehtiin ilmavirtamittaukset, äänitasomittaukset, vetomittaukset ja lämpötilamittaukset huonetiloissa. Lisäksi ilmanvaihtokoneista mitattiin lämmöntalteenoton lämpötilasuhteet. Ilmavirtamittauksista saaduilla tuloksilla laskettiin jokaisen kohteen poistoilman ja tuloilman suhde, joka oli kaikissa kohteissa määräysten mukainen. Ilmavirtamittauksien avulla selvisi myös kahden kohteen tuloilmavirran puutteet ilmanvaihdossa. Muiden mittausten avulla ei havaittu puutteita ilmanvaihdossa. Lämmöntalteenoton lämpötilojen mittauksilla saatiin laskettua lämmöntalteenoton lämpötilasuhte, joka on vanhimpaan kohteeseen verrattuna parantunut huomattavasti 14 vuoden aikana.

Aistinvaraisin tutkimuksin selvitettiin ilmanvaihtokoneiden ja kanavistojen kuntoa ja puhtautta. Vanhimman kohteen kanavistot vaatisivat jo kanavien puhdistuksen, mutta 3 vuoden ikäiset kanavat olivat vielä puhtaudeltaan hyvässä kunnossa.

Yhteenvedona asuntoilmanvaihdon kehityksestä voidaan todeta, että ilmavirtojen mitoitusmäärät ovat kasvaneet huomattavasti 14 vuoden aikana. Lisäksi energiatehokkuus on kasvanut merkittävästi tehokkaampien lämmöntalteenottojen avulla.

Toimintaselvityksen avulla huomattiin, että rakennuksien ilmanvaihdon toiminnasta löydetään usein puutteita uusissakin kohteissa. Näiden puutteiden syntymistä voidaan ehkäistä tarkalla seurannalla ja ammattilaisten tekemillä kartoituksilla ja selvityksillä.

LÄHTEET

1. Energiatehokas ilmanvaihto. 2010. Motiva Oy. Saatavissa:
http://www.motiva.fi/files/3180/Energiatehokas_ilmanvaihto.pdf. Hakupäivä 26.2.2015.
2. Painovoimainen ilmanvaihto. 2009. Saatavissa:
http://img.mtv3.fi/mn_kuvat/mtv3/koti/ohjelmat/jka/jka_2009/kodinrakentajat/833134.jpg.
Hakupäivä 12.3.2015.
3. Koneellinen poistoilmanvaihto. Hengitysliitto. Saatavissa:
http://www.hengitysliitto.fi/sites/default/files/styles/content_area_image/public/kuvat/sisaltokuvat/koneellinen_poistoilmanvaihto.jpg?itok=FLTjHtfn. Hakupäivä 12.3.2015.
4. Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto. Hengitysliitto. Saatavissa:
http://www.hengitysliitto.fi/sites/default/files/styles/content_area_image/public/kuvat/sisaltokuvat/koneellinen_tulojapoistoilmanvaihto_0.jpg?itok=RzA704To. Hakupäivä 12.3.2015.
5. Sandberg, Esa 2014. Sisäilmasto ja ilmastointijärjestelmät. Talotekniikka-Julkaisut Oy.
6. Ilmanvaihdon lämmöntalteenotto. 2006. Rakentaja. Saatavissa:
<http://www.rakentaja.fi/Kuvat/vallox/2006/Lto-kaavio.jpg>. Hakupäivä: 12.3.2015.
7. Palonen, Jari. Asuntoilmanvaihto. Saatavissa:
<https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK040402.pdf>. Hakupäivä 10.3.2015.
8. D2 (1987). 1993. Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Määräykset ja ohjeet 1987. D2 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Saatavissa:
http://www.energiakorjaus.info/pages/files/rakmk_old_fi/D2_1987_Rakennusten_sisailmasto_ja_ilmanvaihto_2.pdf. Hakupäivä 8.3.2015.
9. D2 (2012). 2011. Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Määräykset ja ohjeet 2012. D2 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Helsinki: Ympäristöministeriö, Rakennetun ympä-

ristön osasto. Saatavissa: http://www.finlex.fi/data/normit/37187-D2-2012_Suomi.pdf.

Hakupäivä 10.3.2015.

10. SunAIR-431-EC-LT. Air Wise Oy. Saatavissa:

http://www.airwise.fi/var/ezwebin_site/storage/images/air-wise-oy/tuotteet/sunair/sunair-lto-laitteet/hyoetysuhde-yli-80/sunair-431-ec-lt/19726-10-fin-FI/SunAIR-431-EC-LT_full_width.jpg. Hakupäivä 10.3.2015.

11. Swegon Casa R120. Swegon Oy Ab. Saatavissa:

http://www.swegon.com/PageFiles/39281/T6-ilto_R120_open.jpg. Hakupäivä 10.3.2015.

12. ILTO 450 Econo. Meptek Oy. Saatavissa: <http://iltotilaus.netello.fi/tuotekuvat/22.jpg>. Hakupäivä 10.3.2015.

13. Anemometritorvi. Pietiko Oy. Saatavissa:

http://www.pietiko.fi/ilmanvaihtomittarit/Termoanemometritorvi_pietiko.jpg. Hakupäivä: 30.3.2015.

14. VelociCalc 9555P. TSI. Saatavissa:

[http://www.tsi.com/uploadedImages/Site_Root/Products/Discontinued_Products/9555\(1\).jpg](http://www.tsi.com/uploadedImages/Site_Root/Products/Discontinued_Products/9555(1).jpg). Hakupäivä: 30.3.2015.

15. Cirrus Optimus äänitasomittari. Pietiko Oy. Saatavissa:

http://www.pietiko.fi/www/sites/default/files/integroiva_aanitaso_mittari_pietiko_cirrus_optimus_cr16x_web_5.jpg. Hakupäivä: 30.3.2015.

16. Swema air 3000. Swema Ab. Saatavissa:

http://www.swema.se/Prod_images/Swema%203000%20Drag_medium.jpg. Hakupäivä: 30.3.2015.

17. Kimo TK102 pallolämpötilamittari. KIMO instruments. Saatavissa:

<http://www.kimouk.com/image/data/Portables/100/Blackball.jpg>. Hakupäivä: 30.3.2015.

18. Liesituulettimen perhospelti. Talotarvike. Saatavissa:
http://www.talotarvike.com/images/useita_perhospel.jpg. Hakupäivä: 8.4.2015.
19. Sun Air 431 EC LT käyttö- ja huolto-ohje. Air Wise Oy. Saatavissa:
http://www.airwise.fi/content/download/1437/31673/431-481_%20EC_LT.pdf. Hakupäivä:
9.4.2015.
20. Swegon Casa R120 käyttö- ja huolto-ohje. 2012. Swegon Oy Ab. Saatavissa:
http://www.swegon.com/Global/PDFs/Home%20ventilation/Air%20handling%20units/Swegon%20CASA%20R-series/_fi/CASA_R120-m.pdf. Hakupäivä: 9.4.2015.

LIITTEET

- Liite 1. Ilmavirtojen mittauspöytäkirja kohde B
- Liite 2. Ilmavirtojen mittauspöytäkirja kohde C
- Liite 3. Ilmavirtojen mittauspöytäkirja kohde A
- Liite 4. Äänitasojen mittauspöytäkirja B
- Liite 5. Äänitasojen mittauspöytäkirja C
- Liite 6. Äänitasojen mittauspöytäkirja A
- Liite 7. Lämpötilojen ja vedon mittauspöytäkirja kohde B
- Liite 8. Lämpötilojen ja vedon mittauspöytäkirja kohde C
- Liite 9. Lämpötilojen ja vedon mittauspöytäkirja kohde A
- Liite 10. LTO:n lämpötilasuhteen mittauspöytäkirja

[illegible]

[illegible]

Ilmamäärien mittauspöytäkirja						2.2.2015			
Kohde	[REDACTED]								
Mittalaite	V-CALC 9555-P, anemometritorvi								
Mittausten suorittaja	Iiro Mainio								
Koneen pyörintänopeus	3								
Säälöt	-10 °c								
	Tuloilma					Poistoilma			
Huonetilä	Päätelaite	Koko	Vaadittu l/s	Mitattu l/s	Mitattu l/s	Päätelaite	Koko	Vaadittu l/s	Mitattu l/s
				1.kerta	2.kerta				
MH1	EHKTS-125	125	10	5,3	9,3				
WC2						EHP-125	125	10	9,3
MH3	EHKTS-100	125	12	6,1	11,5				
MH2	EHKTS-100	125	10	5,4	10,2				
OH	EHKTS-125	125	9	4,5	9				
OH/RUOK.	EHKTS-125	125	9	4,5	8,5				
KIRJ.	EHKTS-125	125	10	4,4	9,7				
PH						EHP-125	125	12	14,1
S	EHKTS-S-100	100	7	3,7	6,8	EHP-100	100	7	6,2
WC1						EHP-125	125	10	10,1
KHH/ET.						EHP-125	125	12	11,6
KHH						EHP-125	125	10	8,7
K						EHP-125	125	10	9,2
YHT.				33,9	65				69,2
YHT. %					6,1 %				
Liesituuletin, ilman peltiä				17					

ÄÄNITASOJEN MITTAUSPÖYTÄKIRJA KOHDE B

LIITE 4

Äänitasojen mittauspöytäkirja

29.1.2015

Kohde	Kohde B
Mittalaite	Cirrus Optimus äänitasomittari
Mittauksen suorittaja	Iiro Mainio
Koneen pyörintänopeus	3, kotona -kytkin

Huonetila	Päätelaite	Koko	Äänitasot	ka.
MH11m ²	EHKTS-100	100	21 19,2 20,4	20,2
MH10m ²	EHKTS-100	100	21,1 20,8 20,6	20,8
MH11m ²	EHKTS-125	100	21,3 21,6 20,9	21,3
TK	EHP-100	100	23,8 24,6 24,1	24,2
WC	EHP-125	125	31,6 32 32,6	32,1
KHH	EHP-125	125	25,1 25,7 25,9	25,6
PH	EHP-125	125	25,5 24,7 25,1	25,1
MH15m ²	EHKTS-125	125	21,4 22,7 21,7	21,9
OH	EHKTS-125	125	26,2 27,1 26,6	26,6

ÄÄNITASOJEN MITTAUSPÖYTÄKIRJA KOHDE C

LIITE 5

Äänitasojen mittauspöytäkirja

31.1.2015

Kohde	Kohde C
Mittalaite	Cirrus äänitasomittari
Mittauksen suorittaja	Ilro Mainio
Koneen pyörintänopeus	3

Huonetila	Päätelaite	Koko	Äänitasot	ka.
Kirj.	KTS-100	100	19 20,5 20,1	19,9
MH al.	KTS-100	100	19,3 19,6 19,5	19,5
KHH	KSO-100	100	19,6 19,4 19,2	19,4
WC al.	KSO-125	125	37,3 37,6 38,5	37,8
WC yl.	KSO-125	125	25,2 24,8 25,3	25,1
MH 18,0 m ²	KTS-100	100	23,3 22,7 23,1	23,0
MH 11,3 m ²	KTS-100	100	18,4 19,2 18,7	18,8
MH 14,4 m ²	KTS-100	100	19,1 18,7 18,9	18,9
MH 15,0 m ²	KTS-100	100	19,2 18,3 18,7	18,7

LIITE 6

2.2.2015

Kohde	Kohde A
Mittalaite	Cirrus Optimus äänitasomittari
Mittauksen suorittaja	Iiro Mainio
Koneen pyörintänopeus	3

[illegible]

[illegible]

Sääolot: 1 °C

[illegible]

Sääolot: 1 °C

Kohde	Kohde A
Mittalaite	Swema air 3000, Kimo TK102, pallolämpömittari
Mittauksen suorittaja	Iiro Mainio
Koneen pyörintänopeus	3
	Vedon mittaus aikavakio 1s mittausjakson pituus 3min

[illegible]

Mittauspöytäkirja LTO:n lämpötilat

Metsokangas, kohde B	Tulo °C	Poisto °C	Jäte °C	Raitis °C	
Sääolot: -1°C pvm. 24.2.2015	18,7	22,1	8,9	0,2	
	19,1	22,2	8,6	0,1	
	19,2	21,9	8,9	0,3	
	19	22,3	9	0,2	
					LTO:n lämpötilasuhde
ka.	19	22,125	8,85	0,2	85,8 %

Heikkilänkangas, kohde C	Tulo °C	Poisto °C	Jäte °C	Raitis °C	
Sääolot: +1°C pvm. 23.2.2015	15,1	22	13,2	2	
	15	22,1	13,2	1,9	
	15,1	22	13,1	1,9	
	15,1	22,1	13,2	1,9	
					LTO:n lämpötilasuhde
ka.	15,08	22,05	13,175	1,925	65,3 %

Päivärinne, kohde A	Tulo °C	Poisto °C	Jäte °C	Raitis °C	
Sääolot: -1°C pvm. 23.2.2015	19,1	21,9	9	0	
	18,8	22	9,4	0	
	19,3	21,9	9,2	0,1	
	18,5	22,1	9,1	0,1	
					LTO:n lämpötilasuhde
ka.	18,925	21,975	9,175	0,05	85,9 %